



# Anthropogene Beeinflussung des Sturmklimas über Europa und mögliche Auswirkungen für die Region Hessen

Uwe Ulbrich, Tobias Pardowitz, Gregor C. Leckebusch\*

Institut fuer Meteorologie  
Freie Universitaet Berlin

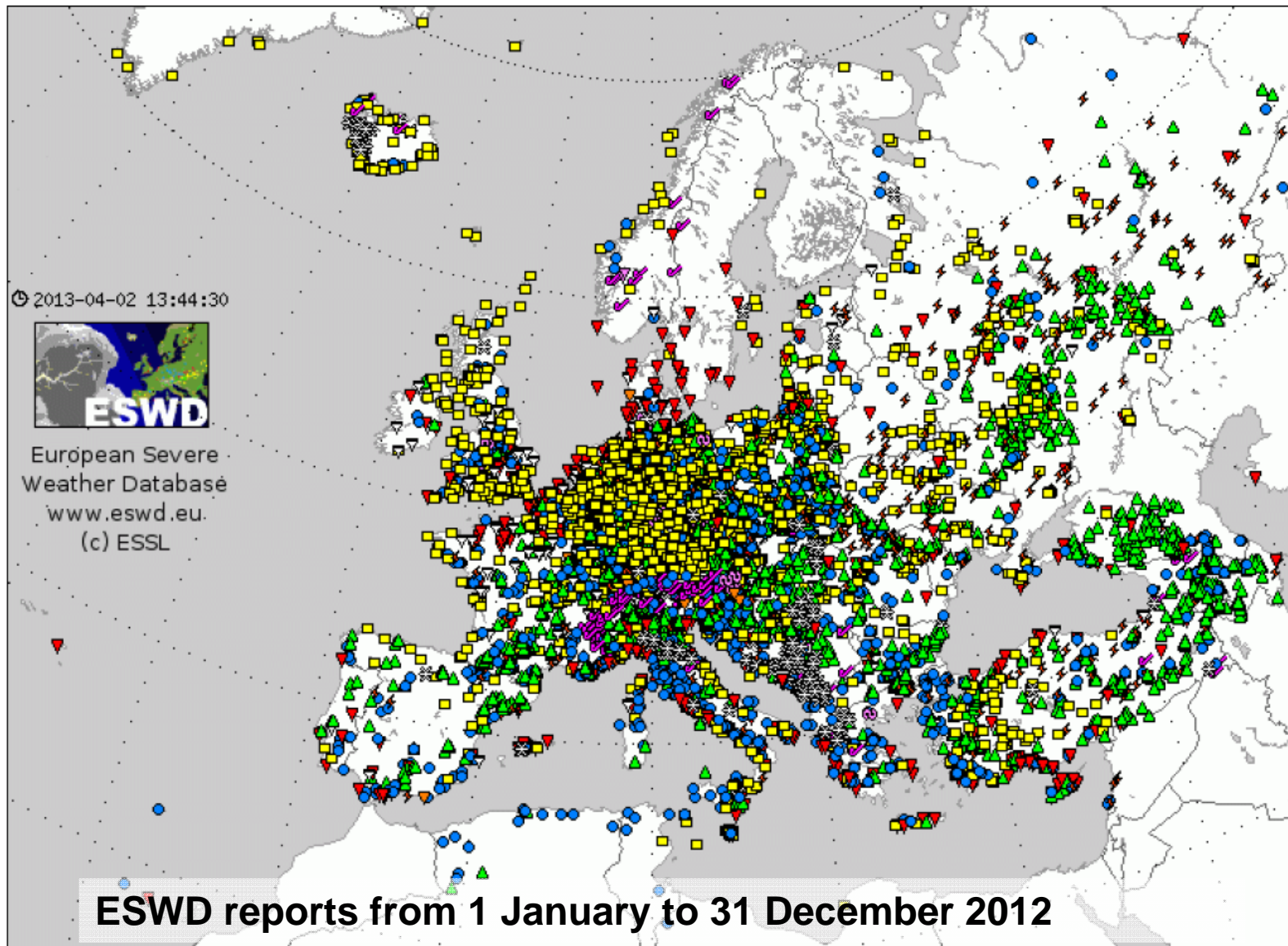
\* jetzt: School of Geography, University of Birmingham

*INKLIM-A*

*Interdisziplinäre Forschung zu Klimawandel,  
Folgen und Anpassung in Hessen*



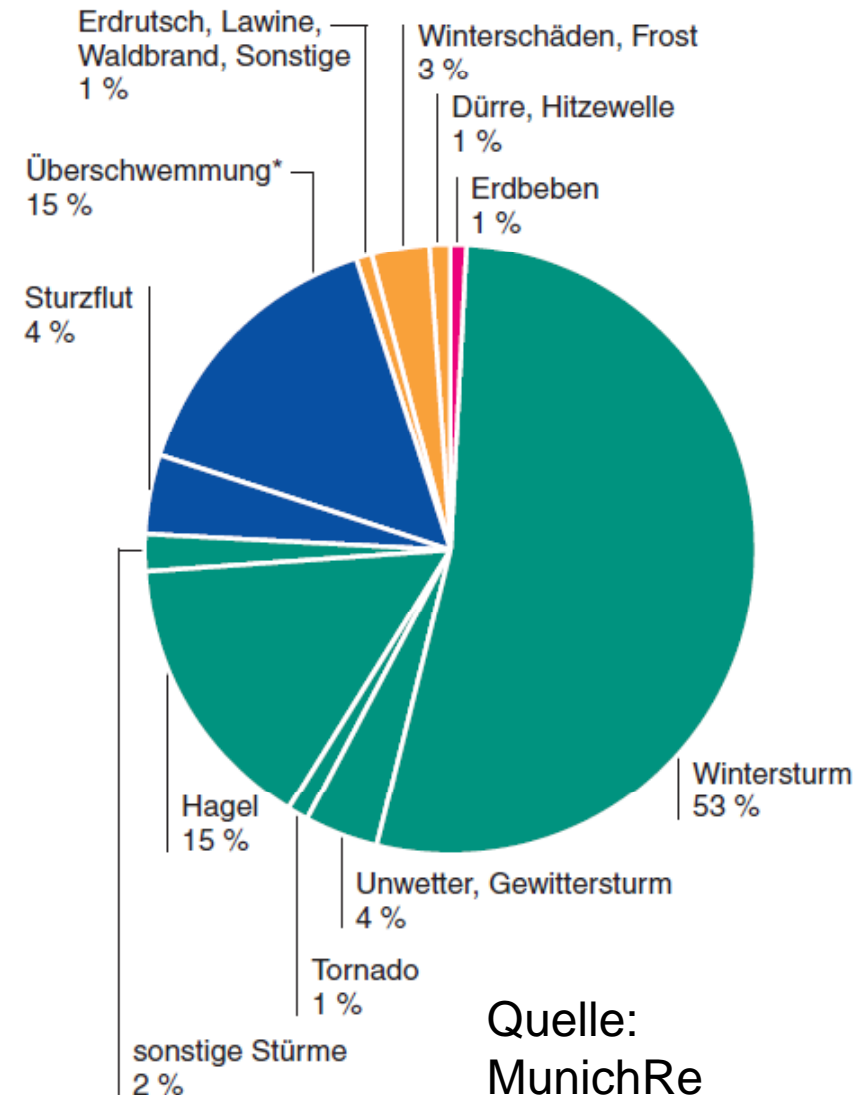
# Einleitung



## Einleitung

# Winterstürme

- **Wintersturm: schadenträchtigste Naturgefahr in Zentraleuropa.**
- **50% der volkswirtschaftlichen Schäden durch Naturgefahren.**
- **IPCC 2007: Unter geänderten Klimabedingungen ist eine Zunahme (in Anzahl und Intensität) meteorologischer Extremereignisse zu erwarten.**

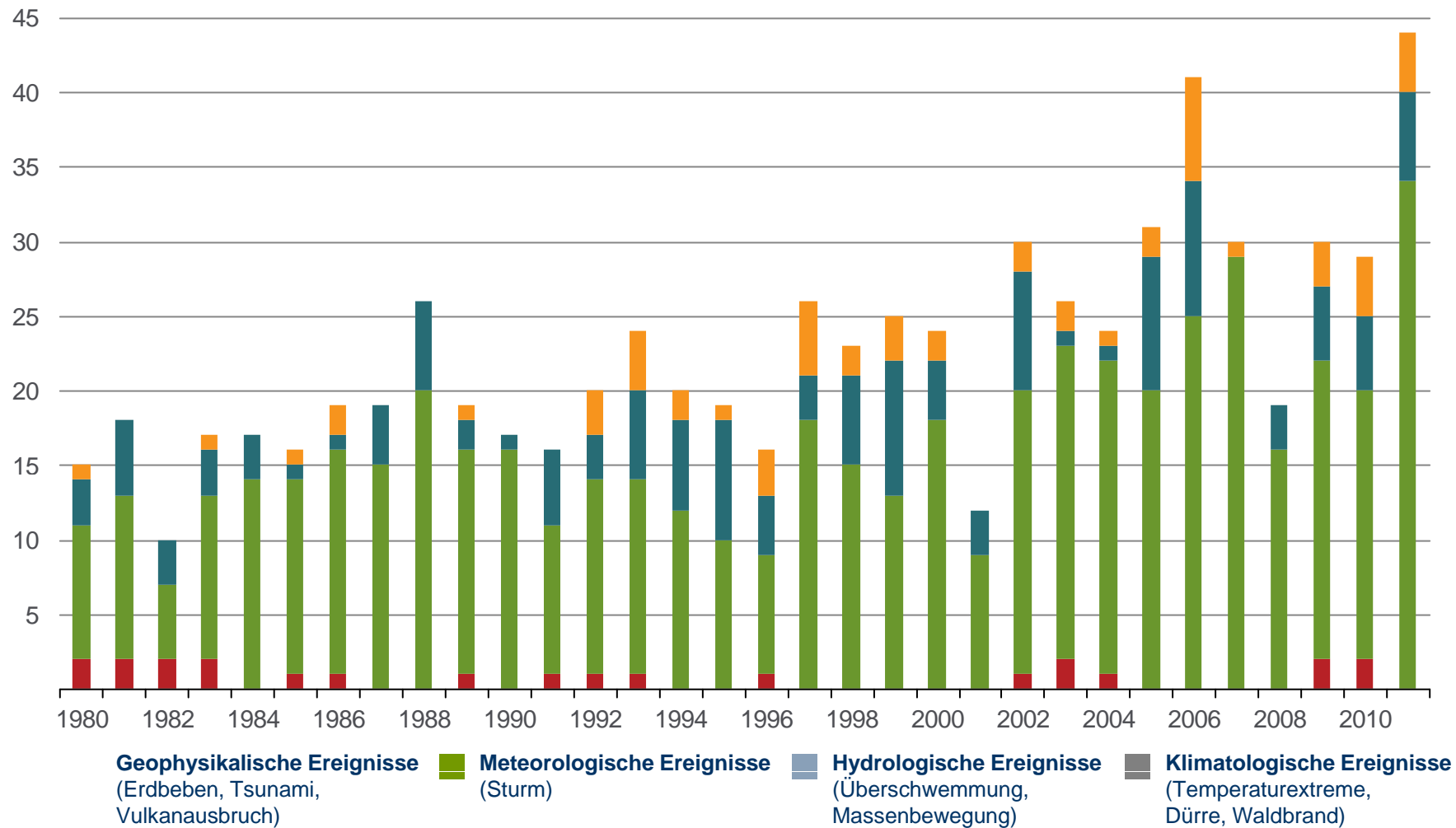


## Einleitung

# Naturkatastrophen in Deutschland 1980 – 2011

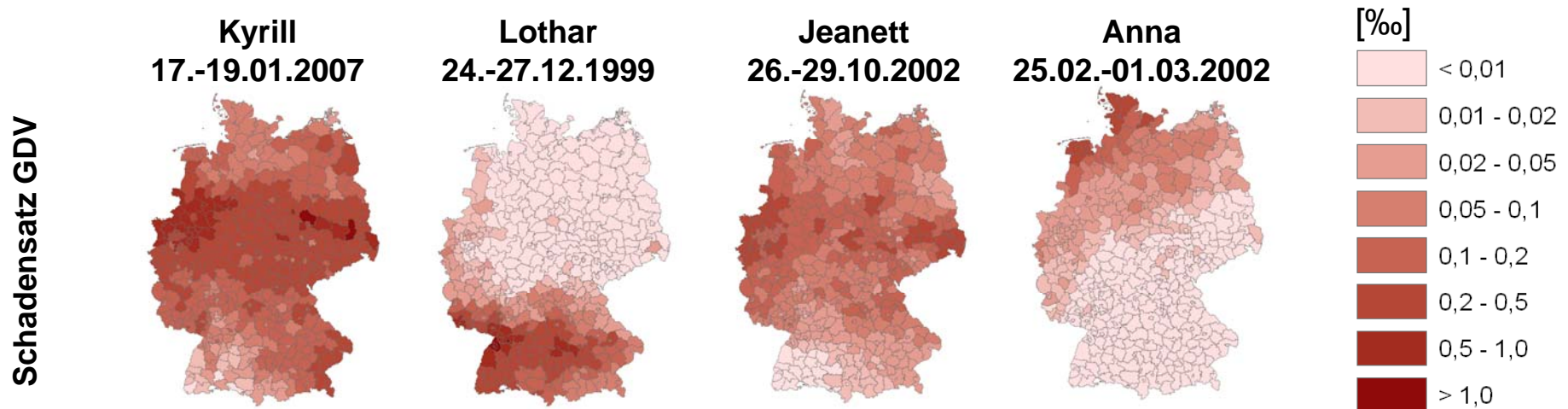
## Anzahl der Ereignisse

Anzahl



## Einleitung

# Schadendaten



Schadensatz =  $\text{Gezahlter Schaden} / \text{Versicherungssumme}$

## Einleitung

# Relevanz für Hessen

- **Südlichen Regionen Hessens gehören zu den am dichtesten besiedelten Regionen Deutschlands.**
- **Wirtschaftliche Relevanz.**
- **Hohe Relevanz durch Verkehrsinfrastruktur.**

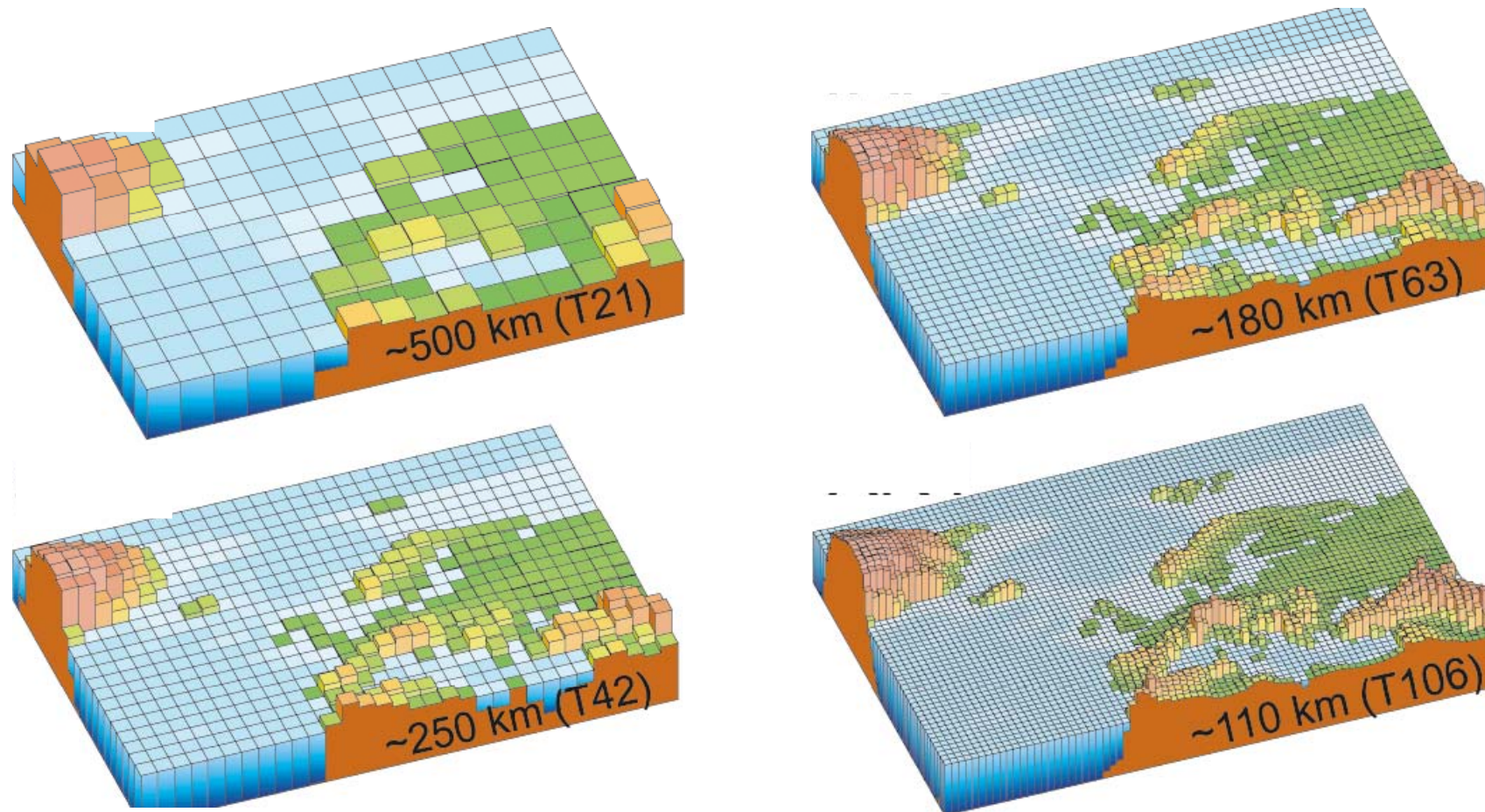
# Kann man die Änderung des Sturm-Risikos für das Land Hessen abschätzen?

- Ansätze im Projekt
  - Statistischer Ansatz
  - Dynamischer Ansatz
  - Dynamischer Ansatz auf Basis von Sturmepisoden



## Basis der Einschätzungen: Klimamodelle

# Horizontale Auflösung der Klimamodelle

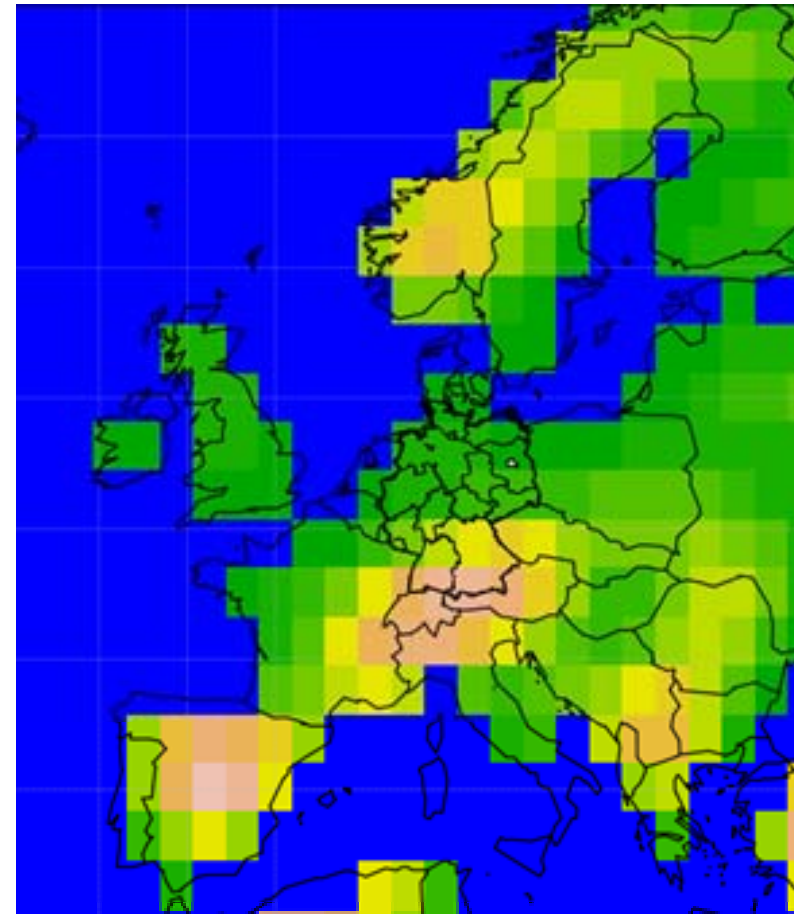
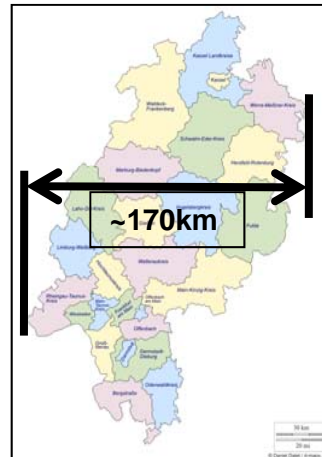


(IPCC 2007)



Basis der Einschätzungen: Klimamodelle

# Schadenprojektionen für Hessen?



Statistischer Ansatz:

Sturm-Wetterlagen identifizieren

Änderung von deren Häufigkeit  
bestimmt Schadenänderung

## Statistischer Ansatz

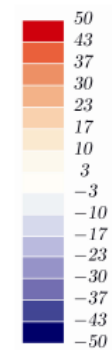
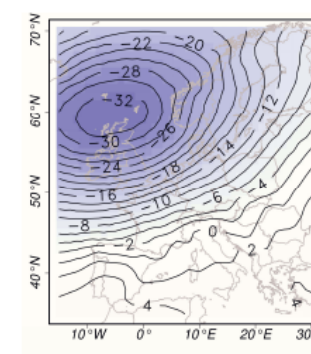
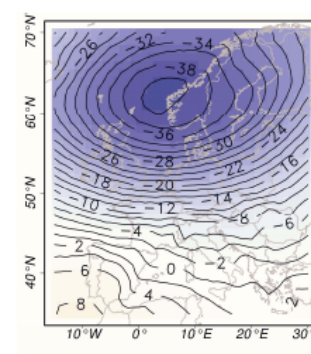
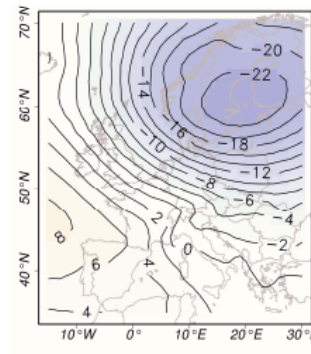
- Beobachtungen zeigen  
5 dominant schadenträchtige „Wetterlagen“

*Klasse 6*

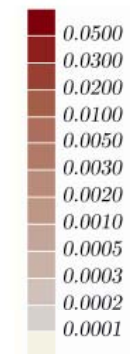
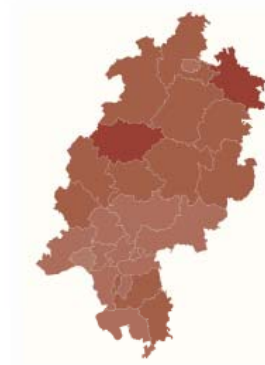
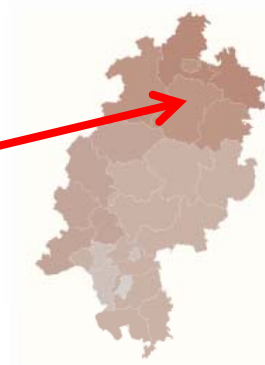
*Klasse 48*

*Klasse 50*

*Druckanomalie [hPa]*



*Schadenverteilung [%]*



$$\bar{ss}(j, i) = \frac{1}{N_i} \sum_{t=1}^{N_i} ss(j, t)$$

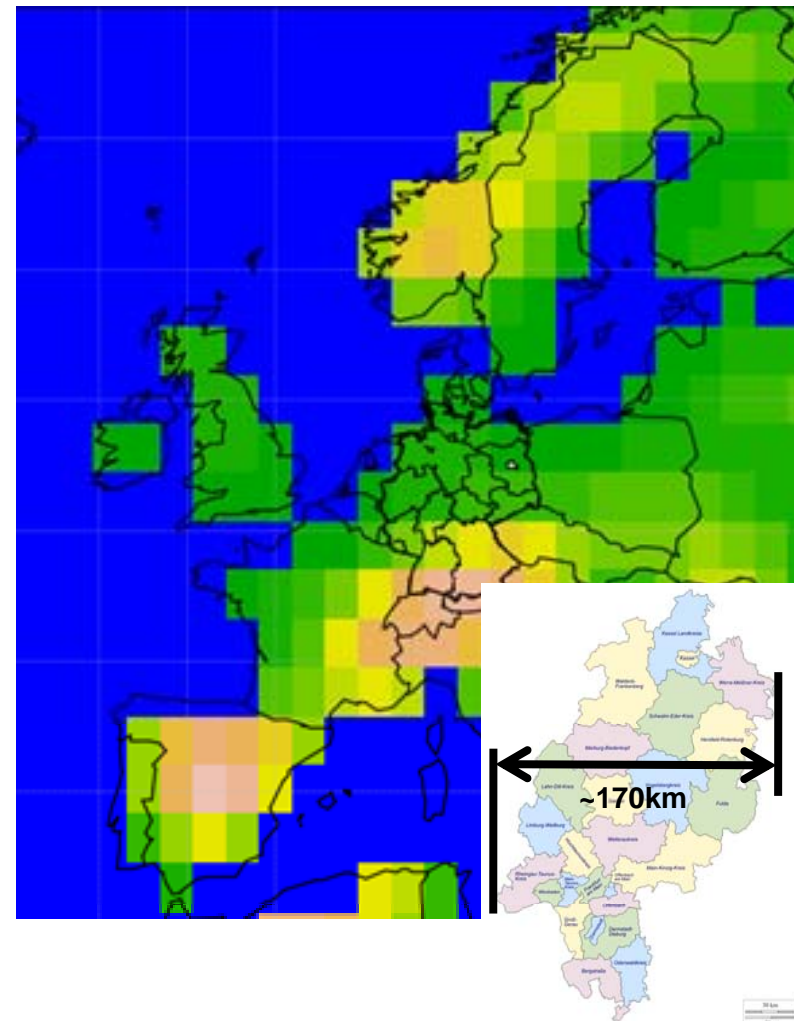
Mittlerer Schaden in  
Lkrs j für Wetterlage i



## Statistischer Ansatz

# Schadenprojektionen für Hessen?

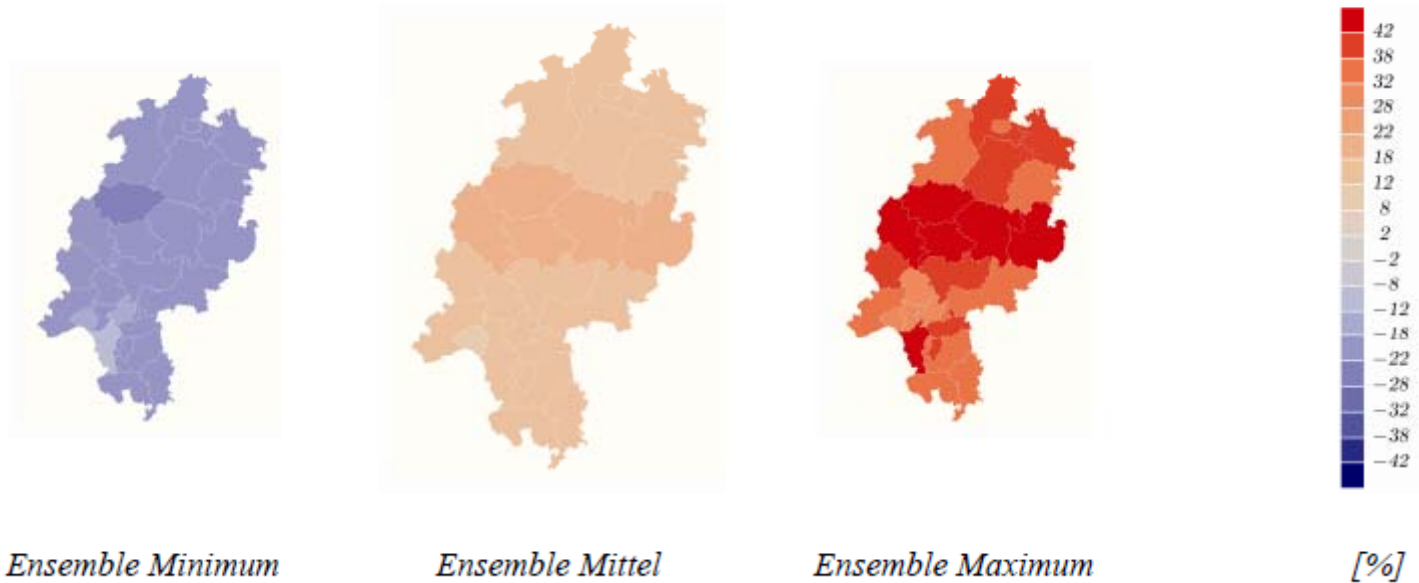
Signale in Klimamodellen?  
9 Modell-Läufe,  
Treibhausgasantrieb  
„A1B-Zukunft-Gegenwart“



# Statistischer Ansatz

## Ergebnis

*Relative Änderung modellierter Schäden (Multi-Modell Ensemble)*



## Statistischer Ansatz

# Ergebnis

- 8 von 9 Modellen: Zunahme der Schäden wegen häufigerer sturmrelevanter Wetterlagen

**MPI-Modellläufe:**

2031-2060: +13%

2070-2100: + 26%

Ensembles: + 19%

Model	1971-2000 <sup>1</sup> [%]	2031-2060 <sup>1</sup> [%]	2071-2100 <sup>1</sup> [%]
<i>Beobachtungen</i>	0.044±0.055 [1997-2007]	-	-
<i>ERA-Interim</i>	0.044±0.021 [1997-2007]	-	-
<i>BCCR-CM2</i>	0.033±0.015	-	0.045±0.023
<i>CNRM-CM3</i>	0.051±0.022	-	0.065±0.023
<i>DMI-ECHAM5</i>	0.038±0.021	-	0.047±0.027
<i>FUB-EGMAM</i>	0.032±0.019	-	0.035±0.018
<i>IPSL-CM4</i>	0.058±0.031	-	0.047±0.024
<i>MPI-ECHAM5-1</i>	0.039±0.019	0.040±0.031	0.050±0.021
<i>MPI-ECHAM5-2</i>	0.036±0.017	0.044±0.024	0.041±0.025
<i>MPI-ECHAM5-3</i>	0.040±0.019	0.047±0.033	0.053±0.023
<i>MPI-ECHAM ENSEMBLE</i>	0.038±0.019	0.043±0.023	0.048±0.024
<i>HC-HadGEM1</i>	0.050±0.032	-	0.056±0.030
<i>ENSEMBLE Mittel</i>	0.041±0.024	-	0.049±0.028

# Dynamischer Ansatz

- **Wind-Schaden Transferfunktion auf Landkreisebene nach Beobachtungen**
- **Modellierung von Schäden auf Basis hochaufgelöster RCM Simulationen mit Treibhausgasantrieb  
„A1B-Zukunft-Gegenwart“**

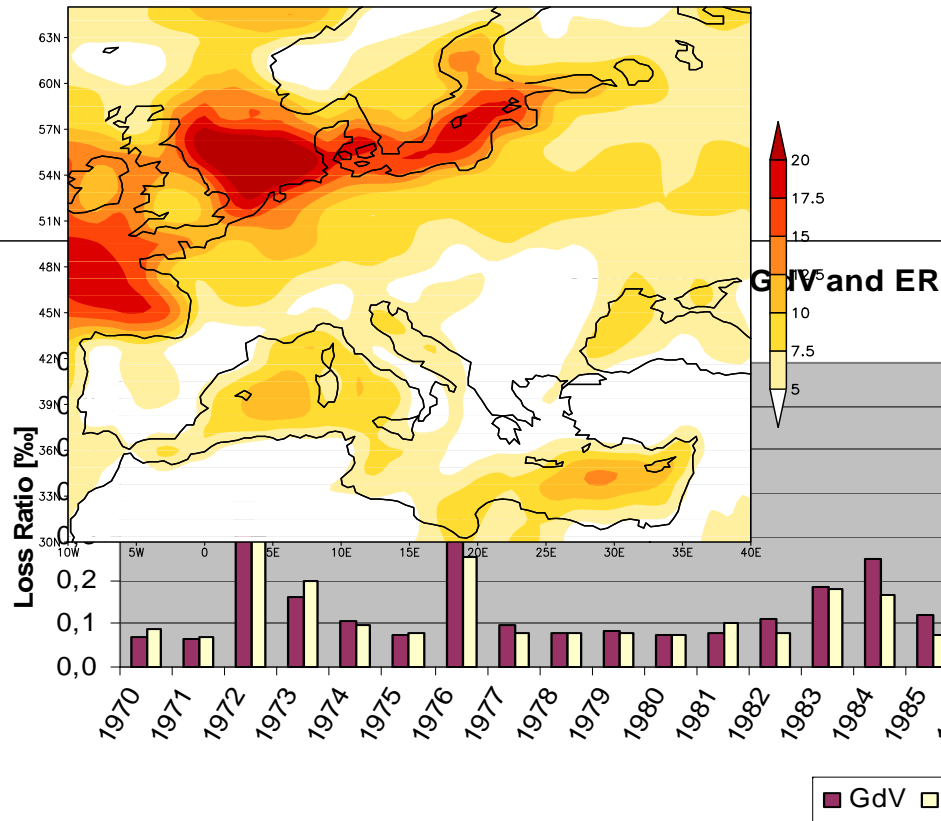


# Schadendaten und Schadenmodellierung

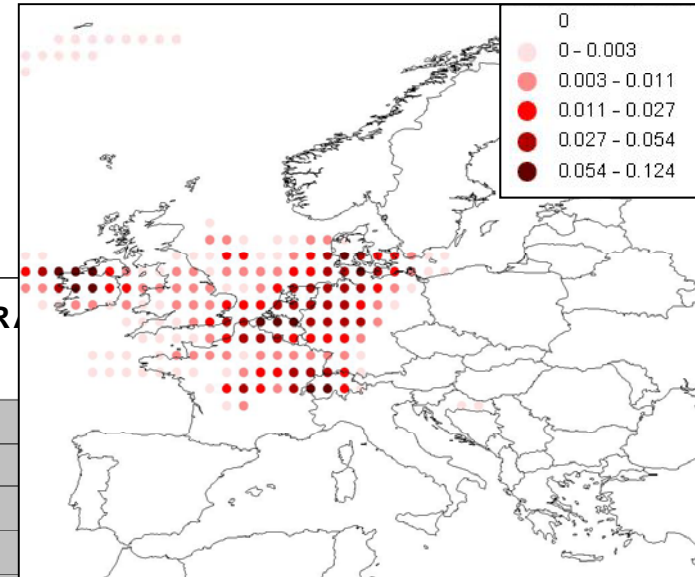
## Beobachtete Zusammenhänge

Daria 1990-01-26 max. Wind (ERA40)

ERA40 MAXof4 26.01.1990



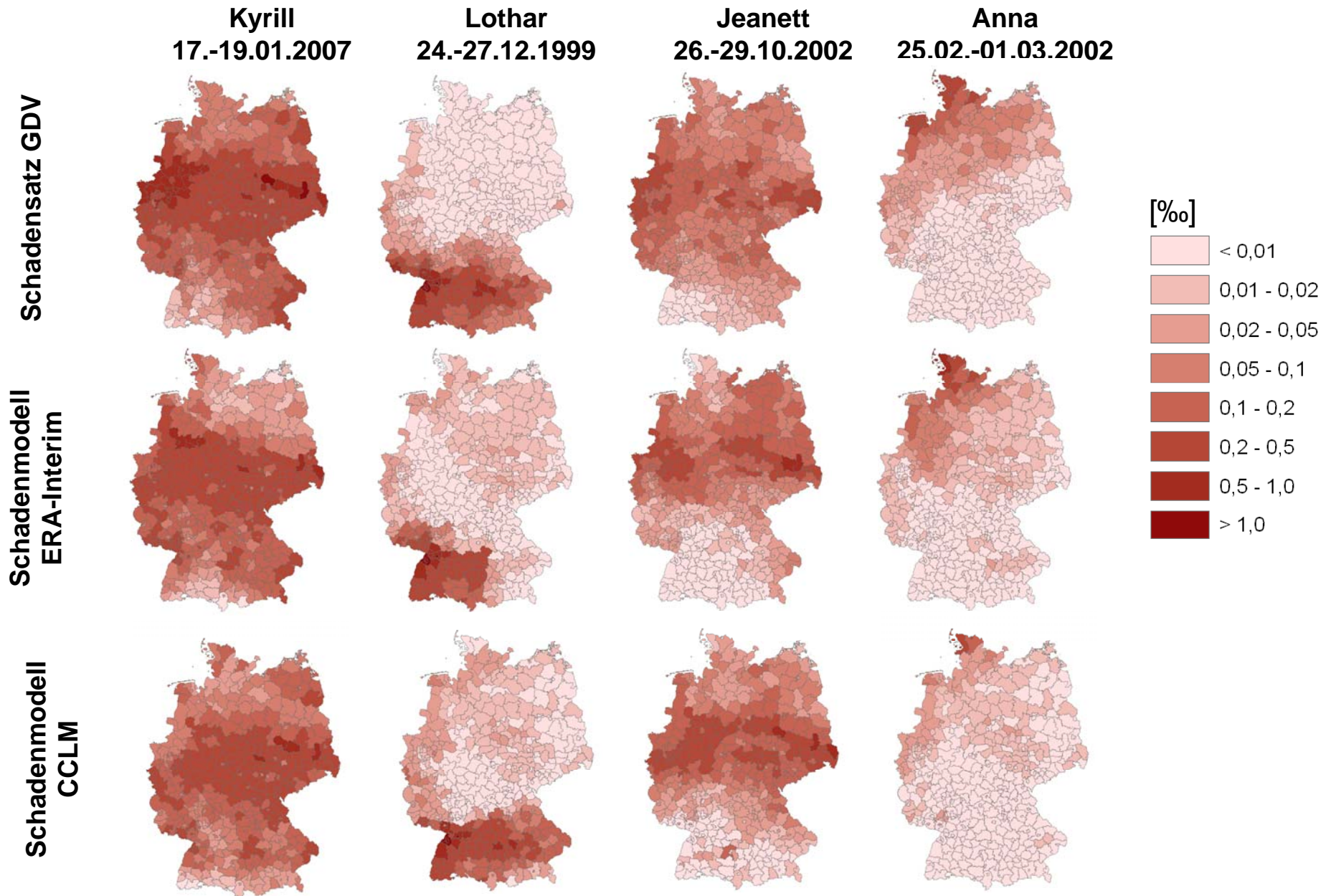
Daria 1990-01-26 Schadenpotential



Methodik: Klawa und Ulbrich, 2003, *Natural Hazards and Earth System Sciences*

# Schadendaten und Schadenmodellierung

## Beobachtete Zusammenhänge



# Dynamischer Ansatz

## Ergebnis

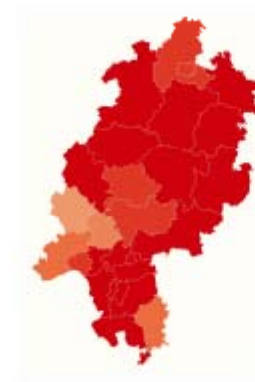
*Relative Änderung modellierter Schäden (Multi-Modell Ensemble)*



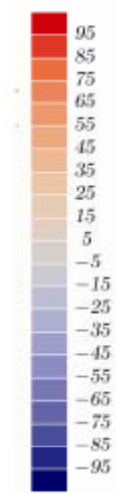
*Ensemble Minimum*



*Ensemble Mittel*



*Ensemble Maximum*



*[%]*

# Dynamischer Ansatz

## Ergebnis

- 10 von 12 Modellen: Zunahme der Schäden durch Zunahme in Frequenz und/oder Intensität der Stürme

NAME	1971-2000	2031-2060	2071-2100
<i>Beobachtungen</i>	<i>0.044±0.056 [1997-2007]</i>		
<i>ERA-Interim</i>	<i>0.044±0.053 [1997-2007]</i>		
<i>C4I-HadCM</i>	<i>0.044±0.076</i>		<i>0.039±0.081</i>
<i>DMI-HIRHAM-CNRM</i>	<i>0.099±0.155</i>		<i>0.106±0.210</i>
<i>DMI-HIRHAM-ECHAM</i>	<i>0.120±0.166</i>		<i>0.162±0.195</i>
<i>ETHZ-CLM-HadCM</i>	<i>0.054±0.096</i>		<i>0.084±0.126</i>
<i>HC-HadRM3-HadCM</i>	<i>0.042±0.060</i>		<i>0.065±0.103</i>
<i>HC-HadRM3-HadCM-Q16</i>	<i>0.045±0.101</i>		<i>0.072±0.141</i>
<i>KNMI-RACMO2-ECHAM</i>	<i>0.052±0.094</i>		<i>0.091±0.131</i>
<i>MPI-REMO-ECHAM</i>	<i>0.057±0.121</i>		<i>0.084±0.170</i>
<i>SMHI-RCA3-BCCR</i>	<i>0.027±0.021</i>		<i>0.038±0.023</i>
<i>SMHI-RCA3-ECHAM</i>	<i>0.051±0.057</i>		<i>0.041±0.033</i>
<i>CLM-ECHAM-1</i>	<i>0.080±0.128</i>	<i>0.079±0.146</i>	<i>0.111±0.251</i>
<i>CLM-ECHAM-2</i>	<i>0.029±0.018</i>	<i>0.048±0.059</i>	<i>0.056±0.063</i>
<i>CLM-ECHAM ENSEMBLE</i>	<i>0.055±0.094</i>	<i>0.064±0.112</i>	<i>0.083±0.183</i>
<i>ENSEMBLE Mittel</i>	<i>0.059±0.105</i>		<i>0.078±0.138</i>

**MPI-Modellläufe:**  
 2031-2060: +16%  
 2070-2100: +50%  
 Ensembles: +32%

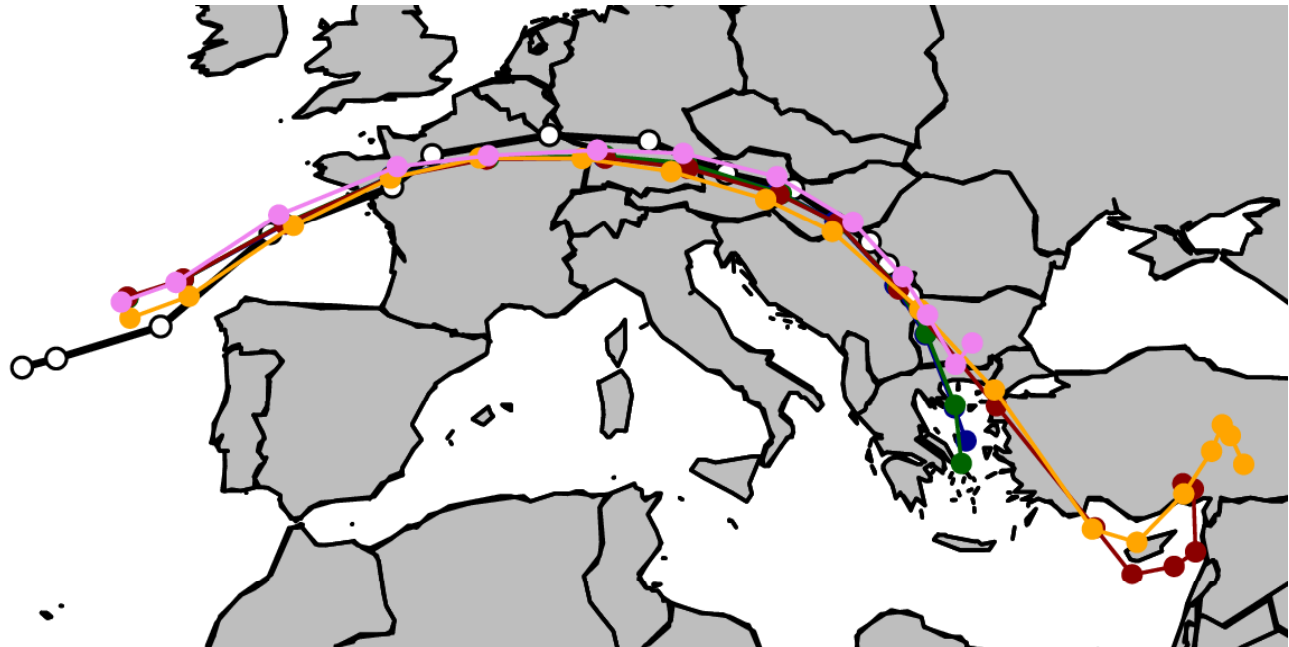
## **Dynamischer Ansatz: Sturmepisoden**

- **Identifizierung potentiell schadenrelevanter Sturmereignisse im GCM**
- **Regionalisierung (mit Modell CLM) dieser Ereignisse**
- **Bandbreite der Sturmereignisse eingeschätzt durch Ensemble der Simulationen**

## Episodenbasierter Ansatz

# Methodik

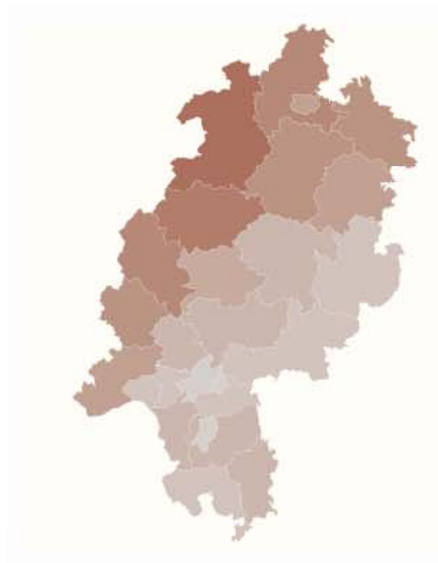
- **Identifizierung und Regionalmodell-Simulation potentiell schadenrelevanter Ereignisse**
  - **Jeweils intensivste 30 Ereignisse ECHAM5 aus 1971-2000, 2031-2060 und 2071-2100, 5-fach simuliert**



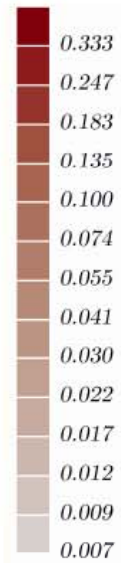


# Episodenbasierter Ansatz

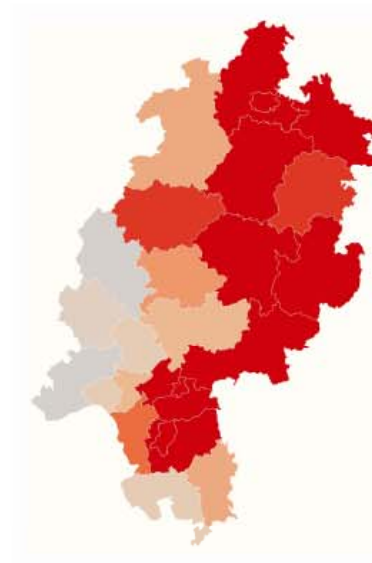
## Ergebnisse



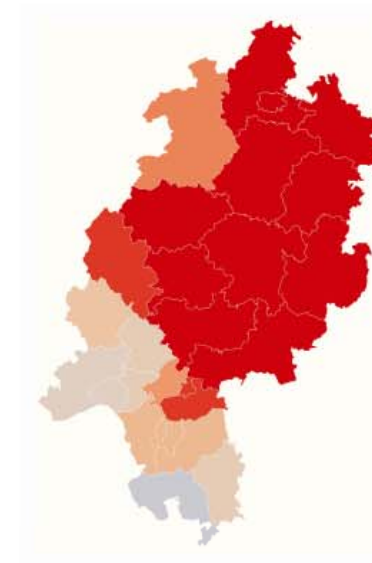
1971-2000



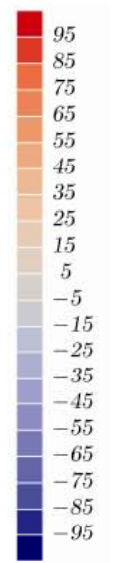
[‰]



2031-2060 / 1971-2000



2071-2100 / 1971-2000

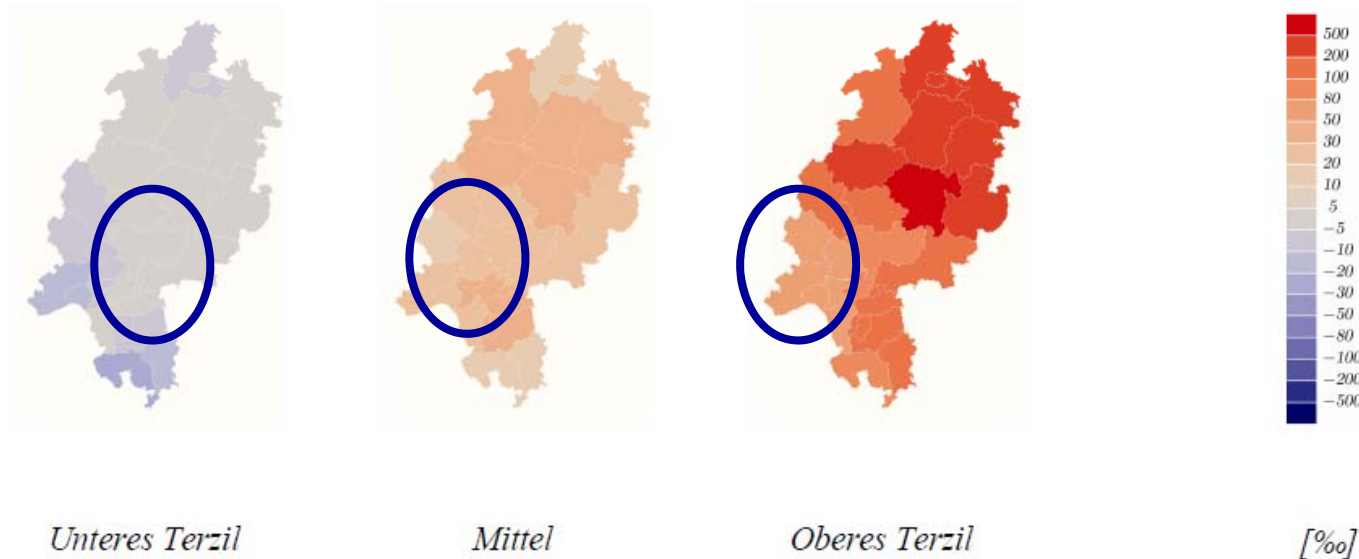


[%]

# Zusammenfassung

Methode		2031-2060	2071-2100
<i>Statistisch</i>	<i>MPI-ECHAM5</i>	+13 (3..22) %	+26 (14..32) %
	<i>ENSEMBLES</i>		+19 (-19..36) %
<i>Dynamisch</i>	<i>CLM_ECHAM</i>	+16 (-1..66) %	+50 (39..93) %
	<i>ENSEMBLES</i>		+32 (-20..93) %
<i>Episodenbasiert</i>		+27 (-34..180) %	+76 (-17..280) %

*Relative Änderung der modellierten Schäden*



## Fazit

- **Übereinstimmend zeigen alle Ansätze eine (stetige) Zunahme potentieller Sturmschäden**
- **Tendenziell geringere Zunahmen im Westen Hessens, stärkste Zunahmen im Nord-Osten**
- **Zunahme der Schäden insbesondere durch Intensivierung extremer Sturmereignisse**

**Vielen Dank für die  
Aufmerksamkeit!**